

## VITAROVAT

*A szerkesztőség fontos feladatának tekinti, hogy a lap szakterületében tartozó elvi kérdések tisztázásához hozzájáruljon, ezért ad helyet vitarovatnak. Ez a rovat teljesen nyílt és a szerkesztőség minden olyan cikket elfogad, mely elvi kérdésekkel foglalkozik — akár egyetért tartalmával, akár nem.*

### Növény által felvehető tápanyagok biológiai úton (*Aspergillus niger*) való meghatározásának törvényszerűségei

KUTZ VASZILIJ

Konzerv-, Hús- és Hűtőipari Kutató Intézet, Budapest

Lj. Gutschy [5] a „Zemljiste i biljka” c. folyóirat 1955. évi számában „Új módszer az asszimilativ talaj-tápanyagok mennyiségi meghatározására” címmel közleményt jelentetett meg. Lj. Gutschy ezen munkájában Mitscherlich [7] termelési elmélete alapján az *Aspergillus niger* alkalmazásával elért kutatási eredményeit ismerteti. Véleményem szerint Mitscherlich elméletének vannak ma már nem teljesen helytálló tételei is, amelyek a meghatározásnál zavart okoznak és az eredményeket pontatlanná teszik. E hiányosságok kiküszöbölése érdekében kívánok ezzel a kérdéssel részletesebben foglalkozni.

A penészgombák felhasználásán alapuló eljárásnak az alap gondolata V. S. Z. Butkevics-től [2] származik (1906), aki az orosz vegyészek konferenciáján a Mitscherlich-féle vegetációs kísérletek helyett ezt az eljárást javasolta. Itt mutatott rá Butkevics arra, hogy az általánosan elterjedt *Aspergillus niger* penészgombát jól lehet használni a talaj termőképességének vizsgálatára. Ennek a vizsgálatnak elterjedése nagy jelentőségű lenne.

Ezt a gondolatot Kozeleszkij I. P. [6] fejlesztette tovább, aki megállapította, hogy a táptalaj  $P_2O_5$  tartalmának növelése a fejlődött micélium súlyát megnöveli.

Húsz évvel később, 1928-ban F. Benecke és H. Söding [1] hasonló tárgykörű dolgozatot közöltek. Majd röviddel ezután megjelent H. Niklas-nak [9] és munkatársainak közleménye, amelyben a  $P_2O_5$  és  $K_2O$  meghatározásnál Kozeleszkij elve szerinti eljárás alkalmazását javasolja.

Ezt az eljárást 1933-ban Zágrábban a prof. Lj. Gutschy által vezetett ipari és mezőgazdasági mikrobiológiai tanszéken vizsgáltam meg. Az itt elért eredményeim azonosak az irodalomban közöltekkel (Vilsmeyer 1933 [10]). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az eljárás csak akkor ad jól reprodukálható értékeket, ha a minta vizsgálattal párhuzamosan minden esetben egy sorozat penészgomba tenyészetet is készítünk, amely sorozat egyes tagjaihoz a vizsgálandó elemet tartalmazó vegyületet különféle töménységben adagoljuk. Ez a tenyészsorozat adja az összehasonlító értékeket a vizsgálandó mintához. Niklas [9] az összehasonlító sorozatot előre elké-



szította, az eredményeket táblázatban foglalta össze és ezt használta a későbbi meghatározások kiértékeléséhez. Így azonban pontos eredményeket meghatározni nem lehet.

Az előbb elmondottakat bizonyítja az a körülmény, hogy a penészgomba asszimilatív ereje változik, és így miként már akkor is megállapítottuk, a módszer csak akkor ad reprodukálható eredményeket, ha a sorozat minden tagját azonos körülmények között tartjuk.

Az optimumban és a minimumban levő elemek között már akkor megállapítottam egy törvényszerűséget, amely hasonló a micéliummennyiség és a minimumban levő elem összefüggéséhez. Azt a törvényszerű összefüggést — amelyet 1935-ben közölt cikkünkben ismertettünk (L. j. G u t s c h y és V. K u t z [4]) javasoltam ez elemek meghatározásánál hasznosítani.

E kísérleteink során a nitrogénforrás optimális volt és a foszfor koncentrációját variáltuk. A kiértékelés alapjául a variált elem koncentrációja és az optimális mennyiségben jelenlevő elemből asszimilált mennyiség közötti összefüggés szolgált. Az így nyert görbe a kezdeti szakaszában gyakorlatilag egyenesnek mutatkozott. Az akkori kísérleti körülmények között 10 mg/100 ml (tápoldat)  $P_2O_5$  koncentráción alul jól reprodukálható eredményeket kaptunk és az összefüggés egyenesként volt ábrázolható.

Ennek a módszernek a pontosságát a zágrábi műegyetem analitikai kémiai tanszékéről Njegovan professzortól kapott ismeretlen összetételű minták vizsgálati eredményeivel bizonyítottuk be. Sorozat analízisnél az ismeretlen próbákon kívül még két különböző, ismert koncentrációjú próbát is kell tenyészteni. Ennek a célja az, hogy kiküszöböljük a Niklas által elkövetett hibát. A két, ismert koncentrációjú közegben való tenyésztés azért szükséges, hogy a görbén három pontot kapjunk. (Harmadik pontot a „O” koncentrációjú kontrollból kaptuk, ahol nem volt fejlődés.) Ezen három pont segítségével megállapíthatjuk, milyen hibával lehet a görbét egyenessel helyettesíteni.

Hús évvel ezután, 1955-ben Lj. Gutschy újra megkísérelte az ismertetett eljárást leegyszerűsített formában bevezetni a gyakorlatba. A minimális mennyiségben jelenlevő, változó koncentrációjú elemből asszimilált mennyiség mérésére a termelés mérése helyett Mitscherlich elvét alkalmazta. Az már korábban is bebizonyosodott, hogy az előbbieken ismertetett módszert és a micélium súlymérésén vagy a termelés mérésén alapuló módszert egyformán lehet használni a táplálkozáshoz szükséges elemek meghatározására, ha azok az optimumnál kisebb mennyiségben vannak jelen.

Tehát Mitscherlich elmélete alapján álló módszerek általában használhatók ezen tápanyagok meghatározására, mivel a tápanyag és a micélium-termelés közötti összefüggést kifejező görbék hasonlóan egymáshoz. Különbséget csak az „állandó” változása okoz [3]. Hogy melyik esetben változik az állandó és mely esetben nem, azt a következőkben még látni fogjuk.

Lj. G u t s c h y [5] a M i t s c h e r l i c h [8] által megállapított függvény felhasználásával végezte meghatározását, mely Mitscherlich szerint minden növényre, így az *Aspergillus niger*-re nézve is állandó. Szerintük az állandó sem a növényfajtatól, sem a talajtól nem függ, (148. old.) csak a minimumban levő asszimilatív elemtől. (Pl. az állandót  $P_2O_5$  esetében 0,6-nak,  $K_2O$  esetében 0,93-nak veszi.) Ez zavart okoz és megnehezíti a módszer gyakorlati elterjedését. A helyzet tisztázása érdekében szükséges, hogy a függvényt matematikai alapon elemezzük.

Legyen  $x$  a minimumban levő tápanyag, mely lehetővé teszi az optimumban levő tápanyag  $y$  mennyiségben történő asszimilációját. A legyen  $y$  értéke abban az esetben, ha  $x$  optimumban van, tehát  $A$  az  $y$  felső határértéke.



A minimumban levő elem  $dx$  nagyságú változását az optimumban levő elem  $dy$  nagyságú változása követi. A két érték változása közötti összefüggés a következő differenciál egyenlettel fejezhető ki.

$$\frac{dy}{dx} = (A - y) c \quad (1)$$

Az egyenletet integrálva kapjuk

$$\ln (A - y) = \ln A - cx \quad (2)$$

A továbbiakban azt kell vizsgálni, hogy a fenti függvény mennyiben használható a gyakorlatban, valamint azt, hogy  $c$  valóban állandó-e.

A  $c$  állandóságát mérési (tenyésztési) sorozattal ellenőrizhetjük. A  $c$  kiszámítására a következő egyszerű módszert dolgoztam ki:

$$e^{cx} = \frac{A}{A - y} \quad \text{vagy} \quad y = A (1 - e^{-cx}) \quad (3)$$

Ennek alapján  $c$ -t úgy határozzuk meg, hogy két tenyészetet hozunk létre, különböző mennyiségű  $x$  értékkel, ahol  $2x_1 = x_2$ . Az értékelés után megkapjuk az  $x_1$ -hez, ill.  $x_2$ -höz tartozó  $y_1$ , ill.  $y_2$  értékeket.

Ezeket az értékeket helyettesítjük a 3. sz. egyenletbe, így két egyenletet kapunk. A két egyenletet egymással elosztva 4. sz. egyenletet nyerjük:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1 - e^{-cx_2}}{1 - e^{-cx_1}} = a \quad (4)$$

$$e^{-cx_2} - ae^{-cx_1} + (a - 1) = 0 \quad (5)$$

Az 5. sz. egyenletnél  $x_2 = 2x_1$  helyettesítést elvégezve kapjuk

$$e^{-2x_1} - a e^{-x_1} + (a - 1) = 0 \quad (6)$$

ha:  $e^{-cx_1} = K$ , akkor a helyettesítést elvégezve kapjuk:

$$K^2 - aK + (a - 1) = 0 \quad \text{ebből} \quad (7)$$

$$K = \frac{a + \sqrt{a^2 - 4a + 4}}{2} \quad \text{vagy} \quad K_1 = 1; K_2 = \frac{2a - 2}{2} = a - 1 \quad (8)$$

$K$  helyébe visszahelyettesítve az  $e^{-cx_1}$ -et, kapjuk:  $e^{-cx_1} = 1$ , ebből  $cx_1 = 0$

Ha  $e^{-cx_1} = a - 1$  egyenletbe  $a$  helyébe az a  $\frac{y_2}{y_1}$  értéket helyettesítjük, kapjuk:

$$e^{-cx_1} = \frac{y_2}{y_1} - 1 \quad (9)$$

Ha a görbének nemcsak a kezdeti, egyenes szakaszát használjuk, ki kell számítanunk  $c$ -t és  $A$ -t is.

A  $c$  és  $A$  kiszámítását a következő módon végezzük.

A  $c$ -t a 9. kifejezésből számítjuk ki:  $e^{-cx_1} = \frac{y_2}{y_1} - 1$  (I. formula)



A 3. egyenletből:

$$A = \frac{y_1}{1 - e^{-cx_1}} \quad (10)$$

Ebbe az egyenletbe behelyettesítve 9-et

$$\text{kapjuk: } A = \frac{y_1}{2 - \frac{y_2}{y_1}} \quad (\text{II. formula})$$

$x$  kiszámítására szolgál a (3-ból)]

$$e^{-cx} = 1 - \frac{y}{A} \quad (11)$$

$y$  kiszámítására szolgál (a 3-ból)

$$y = (1 - e^{-cx}) A \quad (12)$$

A számításhoz  $e^x$  (exponenciális) táblázatot célszerű használni.

A fentiek alapján vizsgáljuk meg, mi a minimumban levő elem és a micélium súlya közötti összefüggés G u t s c h y [5] 1955-ben végzett kísérletei alapján (136. old.). Gutschy mérési eredményeit, a fentiek alapján számított adatokkal, az 1. táblázatban hasonlítottuk össze.

1. táblázat

Minimumban levő $P_2O_5$ tápanyag és az általa nevelt micélium súlya (100 ml táptalajban)						
1. A micélium súlya g-ban ....	2,26	2,13	2,85	3,58	4,20	4,85
2. $P_2O_5$ mennyisége mg-ban ...	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3. Számított $P_2O_5$ mennyisége mg-ban .....	0,116	0,211	0,30	0,422	0,490	0,600
4. Számított $P_2O_5$ mennyisége %-ban .....	116	105	100	105	97,5	100

Az  $x_1$  kiszámításához 0,3 mg  $P_2O_5$ -öt vettünk,  $x_2 = 2x_1 = 0,6$  mg  $y_1 = 2,85$  g,  $y_2 = 4,85$  g.

1. formulát  $c$  kiszámításához felhasználva, kapjuk:

$$e^{-cx_1} = \frac{y_2}{y_1} - 1 = \frac{4,85}{2,85} - 1 = 1,70 - 1 = 0,70$$

Ezzel az értékkel továbbszámolva — a táblázat adatai szerint —

$$cx_1 = 0,36 \text{ és } c = \frac{0,36}{0,3} = 1,2$$

Az  $A$  érték kiszámítása a II. formula segítségével:

$$A = \frac{y_1}{2 - \frac{y_2}{y_1}} = \frac{2,85}{2 - 1,70} = \frac{2,85}{0,30} = 9,50$$



Az  $x$  kiszámítása az 1. táblázatból a micélium súlyának alapján  $e^{-1.2x} = 1 - \frac{y}{9,50}$  formula segítségével történik.

Az 1. táblázat eredményei azt mutatják, hogy a számított  $P_2O_5$  mennyisége alig tér el az adagolt  $P_2O_5$  mennyiségétől. Ez az előzőekben közölt levezetések helyességét bizonyítja. A számítás tehát igazolja Mitscherlich [8] elméletét, viszont Gutschy megállapításával ellentétben itt a  $c$  értéke 1,2-nek adódott. Egy másik mérés-sorozatban újra más értéket kapnánk. Tehát a  $c$  csak határozott körülmények között, inkább csak egy méréssorozaton belül állandó. Ez azt jelenti, hogy adott  $dx$ -hez tartozó  $dy$  nem mindig azonos, függ az egyéb körülményektől is.

2. táblázat

Összefüggés az asszimilált nitrogén és az adagolt  $P_2O_5$  között. Gutschy mérései alapján (137. old.) 100 ml táptalajban

1. Asszimilált nitrogén mennyisége mg-ban .....	0,95	1,88	2,92	3,78	4,93	5,70
2. $P_2O_5$ mennyisége mg-ban ...	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3. Számított $P_2O_5$ mennyiség mg-ban .....	0,096	0,196	0,30	0,395	0,528	0,60
4. Számított $P_2O_5$ mennyisége %-ban .....	96	98	100	98,5	105	100

$$c = 0,167; \quad A = 58,2 \text{ mg}$$

Gutschy mérései alapján tegyük vizsgálat tárgyává azt, hogy az általunk megadott összefüggések mennyiben alkalmazhatók az optimumban és minimumban levő asszimilatív elemek mennyisége közti összefüggések leírására. A vizsgálatok eredményeit a 2., 3. és 4. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat

Összefüggés az asszimilált nitrogén és az adagolt  $P_2O_5$  között. Gutschy mérései alapján (141. old.) 100 ml táptalajban

1. Asszimilált nitrogén mennyisége mg-ban .....	1,06	2,02	3,24	4,00	4,95	6,06
2. $P_2O_5$ mennyisége mg-ban ...	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3. Számított $P_2O_5$ mennyisége mg-ban .....	0,090	0,200	0,31	0,400	0,525	0,700
4. Számított $P_2O_5$ mennyisége %-ban .....	90	100	103	100	105	117

$$c = 1,05; \quad A = 11,06 \text{ mg}$$

Az egyes táblázatokban foglalt eredmények különböző kísérleti körülmények között végzett méréssorozatokra vonatkoznak.



A táblázatokból látható, hogy a számított és ténylegesen meglevő tápanyagok közötti eltérés általában 5% körül van.

Az előbbiek alapján megállapíthatjuk, hogy a közölt összefüggések nagyon jól használhatók az asszimilált elem és a minimumban levő elem mennyiségei közötti összefüggés számítására.

Ami a  $c$  értéket illeti, világosan látható, hogy  $c$  értéke mindhárom esetben más és más, igen eltérő. Bár az előbbiek csak az *Aspergillus niger* esetében bizonyították, hogy  $c$  csak azonos körülmények között állandó, egyébként változó, feltételezhető, hogy ez egyéb növények esetében is így van. Tehát hiba lenne akár a micéliumok mennyisége, akár az asszimilatív elemek mennyisége alapján számított értékek esetében egy határozott  $c$  értékkel számolni.

#### 4. táblázat

Összefüggés az asszimilált nitrogén és az adagolt  $P_2O_5$  mennyisége között Gutschy mérései alapján (142. old.) 100 ml táptalajban

1. Asszimilált nitrogén mennyisége mg-ban	1,15	1,85	2,15	2,40	2,55	2,60
2. $P_2O_5$ mennyisége mg-ban ...	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3. Számított $P_2O_5$ mennyisége mg-ban.....	0,105	0,218	0,300	0,410	0,53	0,597
4. Számított $P_2O_5$ mennyisége %-ban .....	105	109	100	102	105	100

$$c = 5,22; \quad A = 2,72 \text{ mg}$$

A következőkben a megállapított összefüggéseknek kálium meghatározás esetében való használhatóságát vesszük vizsgálat alá. A sorozatvizsgálatok eredményeit az 5. táblázat ismerteti.

Ilyenformán a tápanyagoknak biokémiai úton történő meghatározása versenyképes a kémiai úton történő meghatározással, sőt meg van az az előnye, hogy keverékekből is egyszerű eszközökkel meg tudjuk ezen elemek mennyiségét határozni. Az 5. táblázat adatai igazolják az elméleti úton levezetett formulák szélesebbkörű használhatóságát. Így azt is, hogy ezek a formulák  $K_2O$  meghatározására, — de valószínűleg egyéb elemek meghatározására is — lehetőséget biztosítanak.

A továbbiakban az előbbi levezetések alapján nézzük meg, mitől és hogyan függ  $c$  változása. Azt is vizsgáljuk meg, hogyan alakulnak a viszonyok, ha több elem van hiányban.

Valóban előfordulhat az, hogy egy elem koncentrációját variáljuk, a másik, ugyancsak szuboptimális koncentrációban levő elem mennyisége minden variáció mellett változatlan. Variáljuk pl. a káliumot,  $P_2O_5$  legyen minimumban, de mindig állandó, és határozzuk meg a nitrogént.

Ezt a helyzetet a 3. egyenlet fejezi ki.

Feltételezzük, hogy van egy sor tenyészetünk, ahol 100 g táptalaj 1 mg  $P_2O_5$ -öt tartalmaz. Ez lehetővé teszi a nitrogénnek legfeljebb  $A_1$  mennyiségű asszimilációját.



Ha a  $K_2O$  mennyiségét variáljuk, akkor

$$y_1 = A_1 (1 - e^{-c_1 x_1}) \text{ értéket kapunk.}$$

Ha 100 ml táptalajba 2 mg  $P_2O_5$ -ot adunk, akkor

$$y_2 = A_2 (1 - e^{-c_2 x_2}) \text{ stb.}$$

Ha a  $P_2O_5$  mennyiségét változatlanul hagyva,  $x$ -et ( $K_2O$ -ot) növeljük, akkor az  $A$  is változni fog.  $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$  értékre. Ezek az  $A$  értékek függenek a  $P_2O_5$  koncentrációtól, melyet  $r$ -nek nevezünk el.

Abban az esetben, ha a  $K_2O$  optimumban van, akkor a  $P_2O_5$  szempontjából a következő kifejezés érvényes.

$$A = B (1 - e^{-rk}) \quad (13)$$

$$k = \text{állandó,} \quad B = A_n$$

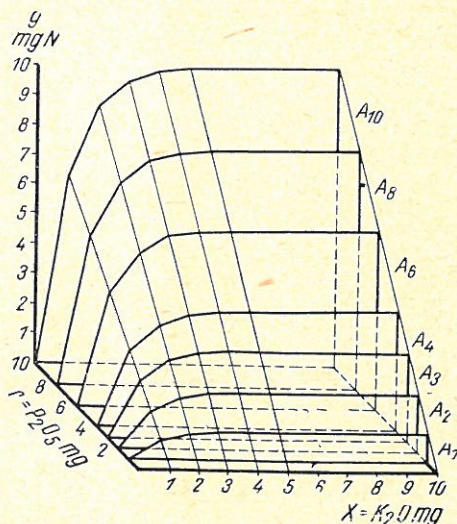
A 3. és 13. összefüggésből kifejezzük  $A_1$ -et és ekkor:

$$\frac{y_1}{1 - e^{-c_1 x_1}} = B (1 - e^{-kr_1}) \quad (14)$$

$$e^{-c_1 x_1} = 1 - \frac{y_1}{B (1 - e^{-kr_1})} \quad (15)$$

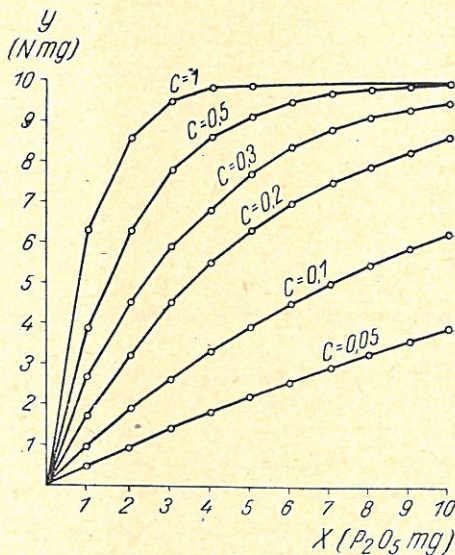
kifejezést kapjuk.

A 15. kifejezést vizsgálva láthatjuk, hogy  $r$  értékét növelve, a kifejezés úgy



1. ábra.

Az  $y = A (1 - e^{-cx})$  függvény ábrázolása  $r$  ( $P_2O_5$ ) különböző érték mellett feltételezve, hogy  $C=1$  ( $A$  valóságban „ $C$ ” is változik „ $r$ ”-el fordított arányban).



2. ábra.

Az  $y = A (1 - e^{-cx})$  függvény ábrázolása különböző „ $C$ ” értékek esetében ( $A=1$ ).

változik, hogy  $c$  csökken és fordítva. Ez is mutatja, hogy egy második, minimumban levő elem mennyiségének változásával  $c$  értéke is változik. Ez azt jelenti, hogy  $c$  értéke függ a táptalaj állapotától.



A 15. kifejezést elemezve láthatjuk azt is, ha a vizsgált elem mennyisége, mely egy másik elemből maximálisan  $A$  mennyiség asszimilációját képes biztosítani, nagyobb mint az  $A$ -nak megfelelő legkisebb koncentráció, akkor az asszimiláció nem a vizsgált elem mennyiségétől, hanem egy másik, szuboptimális töménységű elem mennyiségétől függ. Ha  $A$  mennyiségét fokozatosan csökkentjük, akkor egy bizonyos optimális érték elérése után már  $A$  fogja megszabni az asszimiláció értékét. Az  $y$  mennyiségét mindig a variált (minimumban levő) elem mennyisége szabja meg. Itt feltételezzük, hogy a többi elem optimumban van. Minél kisebb a következő szuboptimális koncentrációjú elem mennyisége, annál kisebb lesz a variált elem optimális koncentrációja. Minél kisebb a másik szuboptimális koncentrációjú elem mennyisége, vagy minél nagyobb  $c$  értéke, annál jobban eltér az  $y = A(1 - e^{-cx})$  görbe alakja az egyenestől. E megállapítások teljesen megegyeznek Lj. Gutschy azon kutatásainak eredményeivel, melynek során a levegő mennyiségének befolyását tanulmányozta különböző foszforkoncentrációk mellett a kultúra fejlődésére. Lj. Gutschy azt vizsgálta, hogy a nitrogén asszimilációt hogyan befolyásolja a levegő oxigénje. Az oxigén mennyiségét úgy csökkentette, hogy a kultúrát tartalmazó lombikot vattadugóval zárta le. Gutschy kutatásai során optimális levegő mennyiség esetén olyan görbét kapott, (141. old.), mely jól megközelíti az egyenest. Kiszámítottam ezen görbe  $c$ - és  $A$ -értékét. Az előbbi értékére 1.05-öt, az utóbbira 11.06-ot kaptam. A levegőadagolás csökkentése

5. táblázat

Összefüggés az asszimilált nitrogén és az adagolt  $K_2O$  mennyisége között (saját méréseim)

(1) Asszimilált nitrogén mg	(2) $K_2O$ mg	(3) Számított $K_2O$ mg	(4) Számított $K_2O$ %-ban
100 ml táptalajban			
2,058	0,76	0,79	103,39
4,018	1,52	1,56	102,63
6,090	2,27	2,40	105,72
8,022	3,03	3,03	100,00
9,604	3,79	3,76	99,76
11,550	4,55	4,55	100,00
13,450	5,31	5,32	100,18
15,388	6,06	6,09	100,49
17,192	6,82	6,84	100,29
18,886	7,58	7,55	99,60

k. é. 101,21

Négyzetes hiba:  $S = \pm 2,05\%$ , közép-  
érték középhibája:  $S_x = \pm 0,64\%$ .

(142. old.) sokkal hajlottabb görbét eredményezett. Ebben az esetben  $c = 5,22$ ,  $A = 2,72$  értéket kaptam. Ezek az értékek is azt bizonyítják, hogy a minimumban levő elem mennyiségének a csökkentése nemcsak  $A$  értékét csökkenti, hanem  $c$  értékét is növeli. Tehát ebben az esetben, a görbe nem közelíti meg az egyenes formát és a számolást az általam megadott kifejezéssel kell elvégezni.

Az elmondottak ismételten bizonyítják korábban tett megállapításunkat, amely szerint  $A$  növelése  $c$  csökkenését vonja maga után. — A  $c$  érték csökkenésével a görbe alakja megközelíti az egyenest, mint ahogyan az a 2. grafikonból látható.

Nézzük most meg, mi a helyzet, ha több elem van szuboptimális koncentrációban. Legyen a jelenlevő egyes elemek által létrehozható maximális asszimiláció értéke  $A_I, A_{II}, A_{III}, A_{IV}$ , stb., abban az esetben, ha a többi elem optimális koncentrációban van jelen. Ha minden elem optimális koncentrációban van jelen, az asszimiláció értékét jelöljük  $A_N$ -nel.



Levezethető, hogy ha más szuboptimális koncentrációjú elemek is vannak jelen, akkor az asszimiláció értéke

$$y = (1 - e^{-c_I x_I}) \cdot (1 - e^{-c_{II} x_{II}}) \cdot (1 - e^{-c_{III} x_{III}}) \dots (1 - e^{-c_N x_N}) A_N$$

Ez a kifejezés is megmutatja, mennyire jelentős az egyes tápanyagok külön-külön kis mennyisége is. Tehát a sejt felépítéséhez szükséges elsőrendű fontosságú tápanyagokon kívül szükség van nyomelemekre is, melyeknek hiánya szintén komoly befolyással van a micélium növekedésére, így a  $c$ -re is. Ezek hiánya sokszor nem mutatkozik. Csak akkor vehető észre elégtelen voltak, ha a fő elemek mennyisége mind elegendő. A formula alapján látható, hogy mindig a minimumban levő elem koncentrációját kell megnövelni, különben az asszimiláció mértéke nem növelhető.

### Összefoglalás

Összefoglalva az elmondottakat, megállapíthatjuk a következőket:

1. A korábbiakban (Gutschy és Kutz [4] 1935.) megállapítottuk, hogy a növény által felvehető tápanyagok meghatározása, mind micélium mérése, mind az asszimilatív tápanyag optimumban levő mennyisége alapján elvégezhető.

2. Ez a meghatározás úgy végezhető el legjobban, ha az asszimilációs görbe 3 pontja ismeretes.

3. A micélium mennyisége és a minimumban levő elem mennyisége közötti összefüggés exponenciális egyenlet alakjában fejezhető ki:

$$y = A(1 - e^{-cx})$$

4. A Mitscherlich által megállapított „állandók” nem univerzális állandók, azokat méréssorozatonként kell meghatározni.

5. Az állandókat 2 tenyészsorozat felhasználásával javasoljuk meghatározni, ahol  $x_2 = 2x_1$ .

$$e^{-cx_1} = \frac{y_2}{y_1} - 1 \text{ és } A = \frac{y_1}{2 - \frac{y_2}{y_1}}$$

6. A közölt formulákkal igazolhatók voltak Gutschy mérési adatai, valamint saját mérési adataink, tehát a formulák jól használhatók.

7. Vizsgálatainkat kiterjesztettük arra az esetre is, amikor több elem van minimumban. Megállapítottuk, hogy a minimumban levő elemek növelésével  $c$  értéke csökken és fordítva.

8. A különböző tápanyagok mennyisége között függvény kapcsolat van.

$$y = (1 - e^{-c_I x_I}) (1 - e^{-c_{II} x_{II}}) \dots (1 - e^{-c_N x_N}) A_N$$

A függvény szerint a nagyobb sorszámú elemből kisebb mennyiség szükséges. Azt is mutatja a függvény, miért van szükség mindig kontrolok készítésére, t. i. ugyanazokat a körülményeket a sok befolyásoló tényező miatt nehéz megteremteni.

9. Megállapítottuk, hogy állandó  $c$  konstans még egyszerűség kedvéért sem használható. Ha nem akarjuk az említett formulákat alkalmazni (melyek pedig elég egy-



szerűek), célszerűbb az asszimilációs görbe kezdő, egyenes szakaszát használni. Ezt könnyen megtehetjük, ha a fő tápanyagok mennyiségét az optimumra növeljük. (Idetartozik a levegő  $O_2$  tartalma is.)

Érkezett: 1957. november 19.

### Irodalom

- [1] Benecke, W. & Söding, H.: Beiträge zum Ausbau der mikrobiologischen Bodenanalyse. Z. Pflernähr. Düng. 10. 129—159. 1928.
- [2] Butkevics, N. S.: Himizacija szocialiszt. Zemljedelia. 1. 6. 1933.
- [3] Engels, F.: A természet dialektikája. Gosz. polit. izd. Moszkva, 1946.
- [4] Gutschy, Lj. & Kulz, V.: „Kvantitativno odredjivanje asimilativnog fosfora i kaliuma u zemlji-bioloskim putem”. Arhiv Ministerstva poljoprivrede 2. 3. 1935.
- [5] Gutschy, Lj.: „Nova metoda kvantitativnog odredjivanja biljnih asimilativa u tlu”. Zemljiste i biljka 4. 131. 1955.
- [6] Kozaleszkij, I. P.: Zsurnal po opitnoj agronomiji. 3. 4. 1909.
- [7] Mitscherlich, E. A.: Die Bestimmung Düngerbedürfnisses des Bodens. Paul Parey. Berlin, 1925.
- [8] Mitscherlich, A.: Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte u. Gärtner in pflanzenphysiologischer Ausrichtung und Auswertung. Max Niemeyer Halle. 1950.
- [9] Niklas, M., Poschenrider, H. & Thiescher, I.: Archiv f. Pflanzenbau A. Bd. 5. 3. 1931.
- [10] Vilsmeier, G.: Beiträge zur Aspergillus-Methode, Landwirtschaftl. Forschungen Reihe: Acker- und Pflanzenbau H. 2. 53. 1933.

### ЗАКОНАМЕРНОСТИ ВСТРЕЧАЕМЫЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСВАИВАЕМЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ БИОЛОГИЧЕСКИМ ПУТЕМ

В. П. Куц

Научно-Исследовательский Институт Консервной, Мясной и Холодильной Промышленности  
Будапешт

### Резюме

Работа занимается выяснением отдельных закономерностей, затронутых Gutschy Lj. (5), в области ассимиляции при определении источников питания для растений биологическим путем.

В своей работе [4], Gutschy Lj занимается усовершенствованием способа, опубликованного под именами Gutschy и автора.

Этот способ заключается в следующем: готовится питательная среда, в которой находятся все источники питания за исключением одного. Эта питательная среда берется для выращивания ряда разводов, которым додается выпущенный источник, в разных, увеличивающихся количествах, не достаточных для полного развития т. е. в минимуме.

После этого все разводки заражаются спорами черной плесни, и выращивание производится всего ряда разводов при одинаковых условиях. Выросший мицелий (после 3 до 4 дней) отдельных разводов сушится и взвешивается. На место мицелия можно определить уменьшившееся количество какого-нибудь питательного элемента, находившегося в питательной среде в оптимуме.

В разводках с увеличением количества питательного элемента в минимуме увеличивается и вес мицелия (Козельский [6]). Вместе с этим увеличивается ассимилированное количество элемента находившегося в оптимуме, т. е. количество этого элемента перешедшее из питательной среды в мицелий.

Зависимость между весом выросшего мицелия, как и количеством усвоенного элемента находящегося в оптимуме в питательной среде и количество элемента находя-



щегося в минимуме, выражается в виде кривой. Начало этой кривой при определенных условиях можно принять за прямую.

На основе выше изложенного можно вычислить, по усвоенному количеству элемента в оптимуме, отвечающее количество, находившегося элемента в минимуме, добавленного в разводку с испытываемой пробой на место выключенного источника питания. При этом нужно только ещё две разводки с известными количествами элемента в минимуме. Главным условием является одновременное культивирование всех разводов, как пробы так и контрольных.

Усовершенствование Gutschy [5] было направлено к тому, чтобы пользоваться не только началом, а всей кривой зависимости. Для этой цели автор теорию Mitscherlich-a [7, 8], относящуюся к урожаю, распространил на закономерности между количеством элемента в минимуме в питательной среде и количеством ассимилированного элемента находящегося в оптимуме.

Gutschy в дифференциальном уравнении  $\frac{dy}{dx} = (A - y) \cdot C$  предполагает константу

«C» не зависящую, ни от вида растения, ни от питательной среды ни других условий, а считает ее только для отдельных питательных элементов разной (фосфор, калий).

В своих исследованиях он пользуется константами определенными Mitscherlich-ом.

Считаю это не правильным, так как верные результаты таким образом можно получить только случайно.

Еще 1933 г. Gutschy и автор (4) вместе с Vilmayer-ом (10) указали на неправильность такого взгляда в работах Niclas [9].

Выглядит, что у Gutschy изменился взгляд относительно этого вопроса.

В действительности „C“ константа с одной стороны постоянна, а с другой нет, что отвечает вполне диалектике природы (Энгельс [3]).

Много условий, которые трудно учесть, не дают возможности получить «C» константу постоянной. Только при помощи уравновешивания (компенсации) всех условий можно получить «C» константу постоянной.

Автор делит задачу на две части.

1. Определить условия, когда константа «C» может быть постоянной.

2. Выяснить условия, когда «C» не постоянна.

Первую часть задачи разрешает следующим образом:

В случае, если константа постоянная, то зависимость можно выразить:

$$y = A (1 - e^{-cx})$$

где  $y$  = вес мицелия или ассимилированное количество элемента находящегося в оптимуме.

$x$  = количество элемента в минимуме.

$A$  = максимальное количество оптимального элемента, которое может быть ассимилировано.

Для легкого вычисления «A» и «C» автор выводит формулы с применением двух разводов с одинарным и удвоенным количеством элемента в минимуме при использовании результатов выросшего веса мицелия и усвоенного количества питательного элемента в оптимуме. На основе этих формул находится «C» и «A» в параллельных разводках своих исследований, а так же и Gutschy.

При помощи найденных «C» для каждого параллельного ряда разводов вычисляются количество «x» элемента в минимуме. Результаты находятся в приложенных таблицах. Из результатов видно, что расхождение между величинами, взятыми Gutschy для ряда исследований и вычисленными, расхождение незначительно. Так что выражение  $y = A (1 - e^{-cx})$  правильно т. е. «C» действительно постоянно.

Следующая задача о не постоянности «C» указывает то, что в разное время произведенные испытания дали для фосфора разные «C» (5.22; 1.05; 0.167).

Дальше автор разбирает условия изменяющие величину «C».

Здесь делает предположение, что на ряду с элементом в минимуме может находится так же и еще какой нибудь элемент питания в не достаточном количестве или субоптимальном количестве. При вариации минимального элемента в разводках



количество субьоптимального элемента одинаково, во всех разводках. При увеличении количества субьоптимального элемента будет параллельно увеличиваться количество усвоенного элемента в оптимуме (граф. № 1).

Автор вывел зависимость между двумя такими элементами (выражения —15). Это выражение указывает, что с увеличением концентрации субьоптимального элемента значение «С» константы уменьшается и наоборот. Правильность этого суждения подтверждает вычисление «С» из результатов исследования Gutschy (5), в которых испытывалось действие кислорода воздуха. Таким образом при увеличенном количестве воздуха «С» = 1.05 и уменьшении «С» = 5.22.

С уменьшением «С» константы кривая стремится к прямой. (граф. № 2). Находящиеся в питательной среде отдельные источники питания могут находиться в субьоптимальной концентрации. Автор обращает внимание, что могут быть выражены в виде выражения:

$$y = (1 - e^{-c_I x_I}) \cdot (1 - e^{-c_{II} x_{II}}) \dots (1 - e^{-c_N x_N}) A_N$$

Это выражение указывает, что ассимиляция зависит от бесчисленного количества разных условий, из которых каждое имеет свое «С». В связи с выше изложенным, при повторных, а не параллельных испытаниях невозможно соблюдение одних и тех же условий т. е. как указано выражением (15), и не возможна постоянность «С» при повторных, но не параллельных испытаниях.

**Таблица 1.** (Гутчи 1955 стр. 136) Зависимость между вариационным  $P_2O_5$  в питательной среде и весом выросшего мицелия. 1. Вес мицелия в грам. 2.  $P_2O_5$  мг добавленный 3.  $P_2O_5$  мг вычисленный 4.  $P_2O_5$  мг вычисленный.

**Таблица 2.** (из работы Гутчи 1955 г. стр. 137) Зависимость между усвоенным азотом и вариационном  $P_2O_5$  в питательной среде. 1. Усвоенный азот. 2.  $P_2O_5$  мг. добавленный. 3.  $P_2O_5$  мг. вычисленный. 4. Вычисленный  $P_2O_5$  в %.

**Таблица 3.** (Из работы Гутчи стр. 141) 1., 2., 3., 4. тоже что и в табл. 1.

**Таблица 4.** (Из работы Гутчи стр. 142) 1., 2., 3., 4. тоже что и в табл. 1.

**Таблица 5.** (Собственные исследования автора) Зависимость между усвоенным азотом и вариационным  $K_2O$  (1) Усвоенный азот. (2)  $K_2O$  мг. добавленный. (3)  $K_2O$  мг. вычисленный. (4) Вычисленный  $K_2O$  в %.

**Рис. 1.**  $y = A(1 - e^{-cx})$  зависимость при двух недостающих питательных элементах ( $K_2O$ ) вариационный,  $P_2O_5$  субьоптимальный при  $C = 1$ .

**Рис. 2.**  $y = A(1 - e^{-cx})$  зависимость при разных значениях «С».

## Über Gesetzmässigkeiten bei der biologischen Bestimmung (mit *Aspergillus niger*) der pflanzenzugänglichen Nährstoffe

V. KUTZ

Forschungsinstitut für Konserven-, Fleisch- und Kühlindustrie, Budapest (Ungarn)

### Zusammenfassung

In der in 1955 veröffentlichten Arbeit erörtert Gutschy [5] die Weiterentwicklung der mit dem Verfasser gemeinsam ausgearbeiteten Methode [4] zur biologischen Bestimmung der pflanzlichen Nährstoffe. Diese Methode besteht aus Folgendem: ein Nährboden wird bereitet, in dem — mit Ausnahme des zu prüfenden assimilativen Elementes — sämtliche Nährstoffe enthalten sind. Aus diesem Nährboden wird nun eine Serie zusammengestellt, wo das zu prüfende assimilative Element in stufenweise zunehmender Menge beigegeben wird. Die Nährboden-Serie wird dann mit *Aspergillus niger* geimpft und die Kultur dann unter analogen Bedingungen weitergeführt. Nach Abschluss der Kulturperiode (cca 1 Woche) oder nach dem Eintrocknen wird die Myceliummenge gewogen, bzw. aus dem Nährboden der Gewichtsschwund eines in Optimum vorhandenen Nähr-elementes bestimmt. Mit der Erhöhung des zu prüfenden — von Minimum aufwärts gesteigerten — Elementes nimmt auch das Gewicht des Myceliums zu (Kozeloszkij [6]). Gleichzeitig nimmt aber auch die Menge der im Nährboden in Optimum vorhandenen, von dem Mycelium aufgenommenen, assimilierten Nährelemente zu. Falls eine gleiche Anzahl von Nährelementen in Optimum vor-



handen ist, ergibt sich bei graphischer Darstellung des Zusammenhanges zwischen den in unterschiedlicher in Menge, aber in Minimum vorhandenen Elemente und der Menge des gebildeten Myceliums eine Kurve, deren Anfangslinie — in einer von sonstigen Bedingungen abhängigen Länge — gerade verläuft. In diesem Sinne kann die uns unbekannte Menge eines, in Minimum vorhandenen Nährelementes auch dann bestimmt werden, wenn die Serie in Hinsicht der Elemente uns bekannter Menge nur aus zwei Prüfgliedern besteht. Es ist darauf besonders zu achten, dass die Kultur der Kontrolle und der zu untersuchenden Probe unter ganz analogen Bedingungen verläuft.

Um bei der Assimilationskurve nicht bloss die gerade Anfangslinie, sondern die ganze Kurve benutzen zu können, wendet Gutschy [5] Mitscherlich's [7,8] Prinzip des Ertragsgesetzes an, wonach zwischen dem Minimum-Element und dem assimilierten Optimum-Element ein Zusammenhang besteht.

Gutschy nimmt an, dass  $c$  der Differenzialgleichung  $\frac{dx}{dy} = (A-y)c$  eine von der Pflanze

dem Nährboden und auch den sonstigen Bedingungen unabhängige Konstante ist. Diese von Mitscherlich bestimmten Konstanten werden von Gutschy übernommen und angewendet. Hiemit stimmt der Verfasser nicht überein und ist der Meinung, dass auf dieser Grundlage stichhaltige Ergebnisse sich nur zufällig ergeben können. Vilsmeier [10] vertrat in seiner Diskussion mit Niklas [9] diese gleiche Ansicht. Schon im Jahre 1933 schloss sich Gutschy gemeinsam mit dem Verfasser [4] Vilsmeier's Meinung an. Zwischenzeitlich scheint Gutschy in dieser Frage seine Meinung geändert zu haben.

In der Tat ist  $c$  teilweise eine Konstante und teilweise nicht, was übrigens auch der Dialektik der Natur (Engels [3]) entspricht. Unterschiedliche Bedingungen — deren Erfassung recht schwierig ist — können den  $c$  Wert abändern. Der  $c$  Wert ist nur dann konstant, wenn die Abweichungen der unterschiedlichen Bedingungen kompensiert werden.

Verfasser stellt zwei Aufgaben: 1. Die Bestimmung jener Bedingungen, unter denen  $c$  konstant ist. 2. Die Bestimmung jener Bedingungen, unter denen  $c$  nicht konstant ist.

Die erste Aufgabe wird wie folgt gelöst: es werden Bedingungen geschaffen, unter denen  $c$  konstant ist; in diesem Falle ist nachstehende Funktion gültig:  $y = A(1 - e^{-cx})$  wo  $y$  = das Gewicht des Myceliums, oder die Menge des assimilierten Optimum-Elementes,  $x$  = die Menge des Minimum-Elementes,  $A$  = die Menge der assimilierbaren Optimum-Elemente.

Hierauf wird der Rechengang angegeben für  $A$  und  $c$  auf Grund der gebildeten Myceliummenge im Falle einfacher oder doppelter Gabe eines in Minimum vorhandenen Elementes oder aber auf Grund der Mengenbestimmung des assimilierten, in Optimum vorhandenen Nährelementes. Aus dem Zusammenhang wird unter Anwendung der von Gutschy bzw. vom Verfasser stammenden Messungsreihen der  $C$  und  $A$  Wert errechnet. In der Funktion  $y = A(1 - e^{-cx})$  wird nun  $c$  und  $A$  mit den berechneten Werten ersetzt; die erhaltenen Ergebnisse der Messungsreihen zeigten gute Übereinstimmung.

Bei Prüfung der zweiten Aufgabe zeigte es sich, dass im Falle unterschiedlicher Bedingungen die einzelnen Messungsreihen abweichende  $c$  Werte ergeben ( $c = 5,22, 1,05, 0,167$ ).

Es wurde nun untersucht, von welchen Bedingungen die  $c$  Werte abhängig sind. Es wurde festgestellt, dass die übrigen, in Subminimum vorhandenen Elemente einen starken Einfluss auf den  $c$  Wert ausüben. In der Annahme, dass bei Erhöhung der Menge des Minimum-Elementes jeweils ein anderes in Suboptimum befindliches Nährelement in Minimum gerät und  $c$  unterschiedlich beeinflusst, gibt der Verfasser zur Erfassung des Einflusses von zwei solchen Elementen die Funktion an (Formel 15). Es ist aus dieser Formel ersichtlich, dass bei Erhöhung der Menge dieser Elemente der  $c$  Wert herabgesetzt wird. Die Stichhaltigkeit dieser Formel wird von den Versuchen Gutschy [5] bestätigt, in denen der Einfluss der Luft geprüft wurde. In Kultur ohne Luftzufuhr zeigte sich  $c = 5,22$ , während sich bei Luftzufuhr dieser Wert auf  $c = 1,05$  verringerte und die Assimilationskurve sich einer Geraden näherte (Abb. 2).

Im Nährboden können auch mehrere suboptimale Elemente vorhanden sein, mit deren Berücksichtigung der Verfasser nachstehende Funktion angibt:

$$y = (1 - e^{-c_1 x_1}) \cdot (1 - e^{-c_{II} x_{II}}) \dots (1 - e^{-c_N x_N}) A_N$$

Die Formel weist darauf hin, dass der  $c$  Wert von zahlreichen Faktoren abhängig ist. Die Erfassung all dieser Faktoren ist ausserordentlich schwierig oder sogar unmöglich und soll eben deshalb einer Serie die Sicherung analoger Bedingungen unbedingt angestrebt werden.

**Tabelle 1.** In Minimum vorhandener  $P_2O_5$  Nährstoff und die damit gebildete Myceliummenge in 100 ml Nährboden. 1. Mycelium-Gewicht in g, 2.  $P_2O_5$  Menge in mg. 3. Berechnete  $P_2O_5$  Menge in mg. 4. Berechnete  $P_2O_5$  Menge in %.



*Tabelle 2.* Zusammenhang zwischen assimiliertem Stickstoff und der  $P_2O_5$  Gabe, Laut Messungen von Gutschy (Seite 137), in 100 ml Nährboden. 1. Assimilierte Stickstoff Menge in mg, 2.  $P_2O_5$  Menge in mg. 3. Berechnete  $P_2O_5$  Menge in mg. 4. Berechnete  $P_2O_5$  Menge in %.

*Tabelle 3.* Wie Tabelle 2. Aus Gutschy's Arbeit, Seite 141.

*Tabelle 4.* Wie Tabelle 2. Seite 142.

*Tabelle 5.* Zusammenhang zwischen assimiliertem Stickstoff und der Menge der  $K_2O$ -Gabe (eigene Messungen). 1. Assimilierter Stickstoff in mg, 2.  $K_2O$  in mg, 3. Berechnete  $K_2O$  Menge in mg, 4. Berechnete  $K_2O$  Menge in %.

*Abb. 1.* Darstellung der Funktion  $Y = A/1-e^{-cx}$  (bei unterschiedlichem  $r$  ( $P_2O_5$ ) Wert angenommen  $C = 1$  (Tatsächlich ändert sich auch „C“ in verkehrtem Verhältnis zu „r“)).

*Abb. 2.* Darstellung der Funktion  $Y = A/1-e^{-cx}$  bei unterschiedlichen „C“ Werten ( $A = 1$ ).